

- 1 -



(Extracted Translation)

Japanese Laid-Open Patent Application

Laid-Open No.: 11-195583

Laid-Open Date: July 21, 1999

5. Patent Application No.: 9-368063

Patent Application Filing Date: Dec. 26, 1997

Applicants: Kabushiki Kaisha Nikon

Inventors: H. Takeuchi

10. [Title of the Invention]

Exposure Apparatus

[Abstract]

(Problem to be Solved) To provide an exposure apparatus, particularly, an exposure apparatus wherein exposure is carried out by use of short-wavelength light, in which a decrease of intensity of exposure light and production of ozone can be suppressed.

(Means for Solving the Problem) An exposure apparatus 100 comprises a light source 2 for emitting exposure illumination light, an illumination optical system 110 for irradiating a reticle R with illumination light, a reticle stage 18 for holding a reticle R, a projection optical system PL for projecting illumination light, emitted from the reticle R, onto a wafer W, and a wafer stage 22 for holding the wafer W, wherein

- 2 -

the apparatus has a closed structure in which a major assembly that includes at least a portion of the illumination optical system 100, the projection optical system PL, the reticle stage 18, and a base table 23 of the wafer stage 22, is covered by a casing 102, and wherein the casing 102 has an inside ambience effective to reduce the proportion of ozone production due to passage of the illumination light therethrough.

10

(Page 12, left-hand column, line 19 to right-hand column, line 13)

[0104] Also, in this embodiment, the wafer stage 22a for holding the wafer W is equipped with a plurality of second gas discharging nozzles 150 as a gas supplying mechanism. The second gas discharging nozzles 150 are connected to a second gas supplying line 151 which is connected to a second gas reservoir 120b through a control valve 152. The opening/closing control of the valve 152 is carried out by a main control unit 7 shown in Figure 1. By controlling the valve 152, the second gas discharging nozzle 150 blows the second gas to between the projection optical system PL and the wafer W during the exposure of the wafer W.

20

25

[0105] Also connected to the second gas reservoir 120b is a second gas supplying line 155.

- 3 -

Thus, a second gas is blown into the space between the illumination optical system 110 and the projection optical system PL, from the second gas discharging nozzle 157 which is mounted on the 5 reticle stage, not shown in Figure 7. The blow of the second gas from the second gas discharging nozzle 157 is controlled by use of a control valve 156 mounted on the supply line 155. The control valve 156 is controlled by the main control unit 7 10 shown in Figure 1.

[0106] The amount of second gas discharge from the nozzles 150 and 157 is not particularly limited, but it is about an amount that the air being present in the space, to which the gas is 15 being blown, can be sufficiently replaced by the second gas. Since, during the exposure, the exposure illumination light passes the space into which the second gas is discharged, this is to prevent production of ozone or a decrease in light 20 intensity in that portion.

[0107] In this embodiment, the first gas supplied through the supply lines 153 and 163 into the casings 160 and 162 is helium gas. The second gas blown from the nozzles 150 and 157 through the 25 supply lines 151 and 155 is nitrogen gas. As regards the first gas, since it should be sealingly contained in the casings 160 and 162, a

- 4 -

relatively expensive inactive gas such as helium  
gas is used in that it causes no decrease of light  
intensity and produces no harmful ozone gas. As  
regards the second gas which is to be emitted into  
5 a surrounding environment, relatively inexpensive  
nitrogen which is even contained in the air is  
used, because of cost and safety. Particularly,  
in an exposure apparatus which uses exposure  
illumination light having an emission spectrum in  
10 the wavelength region of 150 - 200 nm, where use  
of helium is necessary, the casing to be purged  
includes the light transmitting system disposed  
between the light source 2 and the illumination  
system 110, the illumination optical system 110,  
15 and the projection optical system PL, and this  
makes it possible to minimize the increase in the  
running cost, for example.

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-195583

(43) 公開日 平成11年(1999)7月21日

(51) Int.Cl.  
H 01 L 21/027  
G 03 F 7/20

識別記号  
5 2 1

F I  
H 01 L 21/30 5 1 6 F  
G 03 F 7/20 5 2 1  
H 01 L 21/30 5 0 2 G  
5 1 4 Z  
5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数14 FD (全15頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-368063

(22) 出願日 平成9年(1997)12月26日

(71) 出願人 000004112  
株式会社ニコン  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 竹内 仁  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

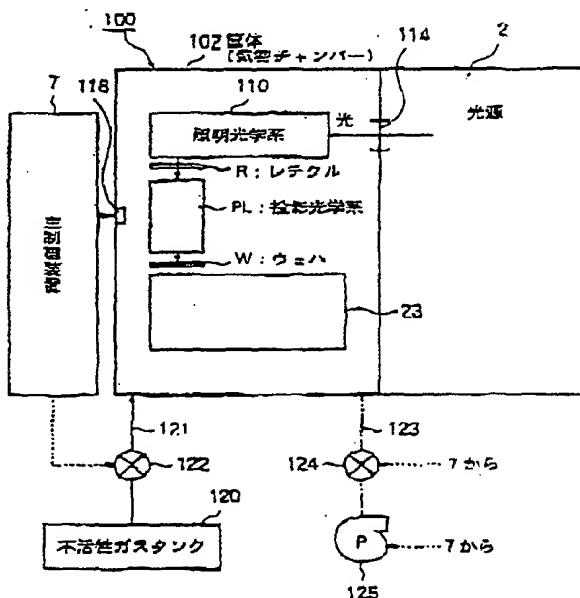
(74) 代理人 弁理士 前田 均 (外1名)

(54) [発明の名称] 露光装置

(57) [要約]

【課題】特に短波長の光を用いて露光を行う露光装置において、露光用光の強度低下およびオゾンの発生を抑制することができる露光装置を提供すること。

【解決手段】露光用照明光を射出する光源2と、照明光をレチクルRに照射する照明光学系110と、レチクルRを保持するレチクルステージ18と、レチクルRから出射される照明光をウエハW上に投射する投影光学系PLと、ウエハWを保持するウエハステージ22とを備えた露光装置100であって、照明光学系110の少なくとも一部と、投影光学系PLと、レチクルステージ18およびウエハステージ22の定盤23とを含む装置本体を筐体102で覆い、筐体102はその内部が照明光の通過によるオゾン発生の割合を低下させる雰囲気となる密閉構造である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 露光用照明光を射出する光源と、前記照明光をマスクに照射する照明光学系と、前記マスクを保持する第1保持部材と、前記マスクから出射される照明光を感光性基板上に投射する投影光学系と、前記感光性基板を保持する第2保持部材とを備えた露光装置であつて、

前記照明光学系の少なくとも一部と、前記投影光学系と、前記第1および第2保持部材とを含む筐体本体を筐体で覆い、前記筐体はその内部が前記照明光の通過によるオゾン発生の割合を低下させる雰囲気となる密閉構造であることを特徴とする露光装置。

【請求項 2】 前記照明光は150～250 nmに発振スペクトルを有し。

前記筐体内部を $1 \times 10^{-4}$  Torr以下の真空状態にする真空装置をさらに備えることを特徴とする請求項1記載の露光装置。

【請求項 3】 前記筐体内の酸素濃度を検出するセンサと、該センサの出力に応じて前記筐体内部に不活性ガスを供給する気体供給装置とをさらに備えたことを特徴とする請求項1記載の露光装置。

【請求項 4】 前記照明光は150～200 nmに発振スペクトルを有し。

前記不活性ガスはヘリウムであることを特徴とする請求項3記載の露光装置。

【請求項 5】 前記照明光学系、および前記投影光学系の少なくとも1つの光学素子を冷却する温度調整装置をさらに備えることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 6】 前記温度調整装置は、前記少なくとも1つの光学素子を保持する保持基盤の内部に温度調整された流体を供給することを特徴とする請求項5記載の露光装置。

【請求項 7】 前記筐体は不活性ガスで充填されており、前記温度調整装置は、前記少なくとも1つの光学素子に、前記不活性ガスと同一の温度調整された気体を吹き付ける噴射装置を有することを特徴とする請求項5記載の露光装置。

【請求項 8】 露光用照明光を射出する光源と、前記照明光をマスクに照射する照明光学系と、前記マスクから出射される照明光を感光性基板上に投射する投影光学系とを備えた露光装置において、

前記照明光学系と前記投影光学系とをそれぞれ第1気体が充填されるケーシング内に配置し、前記感光性基板の露光中、前記投影光学系と前記感光性基板との間に空間に第2気体を流す気体供給機構を備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 9】 前記第1気体は窒素以外の不活性ガスであり、前記第2気体は窒素ガスであることを特徴とする請求項8記載の露光装置。

【請求項 10】 前記照明光は150～200 nmに発振スペクトルを有し。

前記第1気体はヘリウムであり、前記第2気体は窒素であることを特徴とする請求項8または9記載の露光装置。

【請求項 11】 前記マスクを保持するマスクステージが配置される前記照明光学系と前記投影光学系との間に空間に前記第2気体を流すことを特徴とする請求項8～10のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 12】 前記マスクを保持するマスクステージを前記第1気体が充填される前記ケーシング内に配置することを特徴とする請求項8～10のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 13】 前記マスクのバターンを前記感光性基板上に転写するために、前記投影光学系の倍率に応じた速度比で前記マスクと前記感光性基板とを同期移動する駆動装置をさらに備えたことを特徴とする請求項1～12のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 14】 前記照明光はF<sub>2</sub>レーザであることを特徴とする請求項1～13のいずれかに記載の露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、たとえば半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド、その他のマイクロデバイスを製造するためなどに用いられる露光装置に係り、さらに詳しく述べては、特に短波長の光を用いて露光を行う露光装置において、露光用光の強度低下およびオゾンの発生を抑制することができる露光装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 半導体素子などを製造するためのフォトリソグラフィ工程において、フォトマスク（レチカル含む）のバターン像を投影光学系を介して感光性基板上に露光する露光装置が使用されている。近年、半導体集積回路は、微細化の方向で開発が進み、フォトリソグラフィ工程においては、フォトリソグラフィ光源の短波長化が進んでいる。

【0003】 しかしながら、真空紫外線、特に250 nmよりも短い波長の光、たとえばKrFエキシマレーザ（波長248 nm）、ArFエキシマレーザ（波長193 nm）、F<sub>2</sub>レーザ（波長157 nm）、またはYAGレーザなどの高調波などの光を露光用光として用いる場合、壁面による吸収などの影響で、光の強度が低下したり、有害なオゾンガスを発生させるなどの課題が生じていた。

【0004】 そこで、従来では、ArFエキシマレーザのような光源を有する露光装置において、光路部分のみを密閉し、たとえば窒素のような酸素を含まない気体に内部のガスを置換し、光の透過率の低下やオゾン発生を

回避しようとしていた（特開平6-260885号公報）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、光路部分のみの密閉は、いわゆるステップ・アンド・リピート（ステップ毎に一括露光を繰り返す）方式の露光装置などのようにウエハステージやマスクステージなどの可動部が光路中に存在する装置では困難であり、部分的に露光用光が空気に吸収されることは避けられなかった。

【0006】また、投影レンズや照明レンズなどを密閉する構造も、機構の複雑化を招き、信頼性や設計の自由度を下げる要因になっていた。

【0007】本発明は、このような実状に鑑みてなされ、特に短波長の光を用いて露光を行う露光装置において、露光用光の強度低下およびオゾンの発生を抑制することができる露光装置を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】以下、この項に示す説明では、本発明を、実施形態を表す図面に示す部材符号に対応つけて説明するが、本発明の各構成部品は、これら部材符号を付した図面に示す部材に限定されるものではない。

【0009】請求項1

本発明の第1の観点に係る露光装置（請求項1に対応）は、感光用照明光を射出する光源（2）と、前記照明光をマスク（R）に照射する照明光学系（110）と、前記マスク（R）を保持する第1保持部材（18）と、前記マスク（R）から出射される照明光を感光性基板

（W）上に投射する投影光学系（PL）と、前記感光性基板（W）を保持する第2保持部材（22）とを備えた露光装置であって、前記照明光学系（110）の少なくとも一部と、前記投影光学系（PL）と、前記第1および第2保持部材（18、22）とを含む装置本体を筐体（102）で覆い、前記筐体（102）はその内部が前記照明光の通過によるオゾン発生の割合を低下させる雰囲気となる密閉構造であることを特徴とする。

【0010】この露光装置では、照明光学系（110）の少なくとも一部と、投影光学系（PL）と、第1および第2保持部材（18、22）とを含む装置本体を筐体（102）で覆い、筐体はその内部が前記照明光の通過によるオゾン発生の割合を低下させる雰囲気となる密閉構造であるため、以下の作用を有する。

【0011】すなわち、この露光装置（100）では、光路部分のみを密閉構造とする従来の露光装置に比較し、装置本体の全体が、筐体（102）で覆われ、特定の内部雰囲気としているため、可動部分である第1および第2保持部材（18、22）の部分でも、露光用照明光の空気暴露を防止でき、露光用照明光の通過によるオゾンの発生を大幅に低減することができる。

【0012】また、可動部分である第1および第2保持

部材（18、22）の部分でも、照明光の空気暴露を防止できることから、空気による吸収の影響などで光の強度が低下することも防止することができる。特に、真空紫外線、特に250nmよりも短い波長の光、たとえばKrFエキシマレーザ（波長248nm）、ArFエキシマレーザ（波長193nm）、F<sub>2</sub>レーザ（波長175nm）。またはYAGレーザなどの高調波などの短波長の光を露光用光として用いる場合でも、酸素による吸収などの影響で、光の強度が低下したり、有害なオゾンガスを発生させるなどの課題を有效地に解消することができる。

【0013】また、本発明の第1の観点に係る露光装置では、投影光学系や照明光学系毎に密閉する構成ではないために、これら投影光学系や照明光学系の設計に際し、機密を考慮した設計製作の必要がなくなり、これらの製作が容易になる。

【0014】さらに、本発明の第1の観点に係る露光装置では、特開平6-260385号公報に示す技術と異なり、窒素ガスなどの空気以外のガスを感光性基板の近傍に吹き付ける構成ではないと共に、これらのガスが漏洩することができないので、作業環境における酸素分圧の低下を防止することができる。

【0015】請求項2

本発明の第1の観点に係る露光装置において、前記照明光は150～250nmに発振スペクトルを有し、前記筐体内部を1×10<sup>-4</sup>Torr以下の真空状態にする真空装置（125）をさらに備えることが好ましい（請求項2に対応）。

【0016】特に、照明光が150～250nmの発振スペクトルを有する場合に、酸素による吸収などの影響で、光の強度が低下したり、有害なオゾンガスを発生させるなどの課題を有するが、本発明の1態様では、筐体（102）内部を1×10<sup>-4</sup>Torr以下の真空状態にすることで、これらの課題を有效地に解消することができる。

【0017】請求項3

本発明の第1の観点に係る露光装置において、前記筐体（102）内の酸素濃度を検出するセンサ（118）と、該センサの出力に応じて前記筐体内部に不活性ガスを供給する気体供給装置（120）とをさらに備えることが好ましい（請求項3に対応）。

【0018】このような構成の露光装置では、筐体内部の酸素濃度が所定値以上に高まった場合には、センサ（118）により検知することができる。したがって、何らかの原因で筐体内部の酸素濃度が所定値以上に高まった場合には、該センサ（118）の出力に応じて前記筐体内部に不活性ガスを供給することで、酸素による吸収などの影響で、光の強度が低下したり、有害なオゾンガスを発生させるなどの課題を有效地に解消することができる。

【0019】なお、本件明細書において、不活性ガスと言った場合には、窒素ガスも含む意味で用いる。

【0020】請求項4

本発明の第1の観点に係る露光装置において、前記照明光は150～200nmに発振スペクトルを有し、前記不活性ガスとしては、たとえばヘリウムである（請求項4に対応）。

【0021】特に、照明光が150～250nmの発振スペクトルを有する場合に、酸素による吸収などの影響で、光の強度が低下したり、有害なオゾンガスを発生させなどの課題を有するが、本発明の1態様では、不活性ガスとして、たとえばヘリウムガスを用い、筐体内部に封入することで、これらの課題を有效地に解消することができる。

【0022】請求項5～7

本発明の第1の観点に係る露光装置において、前記照明光学系および前記投影光学系の少なくとも1つの光学素子を冷却する温度調整装置（136, 138）をさらに備えることが好ましい（請求項5に対応）。

【0023】本発明の第1の観点に係る露光装置において、前記温度調整装置は、前記少なくとも1つの光学素子を保持する保持装置の内部に温度調整された流体（134）を供給することができる（請求項6に対応）。

【0024】特に筐体内部を真空状態にすると、レンズなどの光学素子における露光用照明光が照射される部分の光吸収による発熱は、従来のように空気などの環境気体によって伝達されないので、光学素子を冷却するための温度調整装置が必要となる。そこで、本発明の1態様では、温度調整装置（136）を用いて、光学素子を冷却することで、光学素子の熱による光学条件の変化を抑制することができる。また、温度調整装置の別の態様として、非露光時に、光学素子に向けて、冷却用に温度調節された希薄な不活性ガスなどのガスを吹き付ける噴射装置（138）を用いることもできる。ただし、噴射装置からの吹き付けは、非露光時にを行うことが好ましく、露光時には、 $1 \times 10^{-4}$  Torr以下の真空状態にするように、真密度を調整することが好ましい。

【0025】なお、筐体内部を真空状態にしなくとも、光学素子を一定温度に保持することは重要であり、温度調整装置を用いて、光学素子を冷却することで、光学素子の熱による光学条件の変化を抑制することができる。

【0026】たとえば本発明の第1の観点に係る露光装置において、前記筐体は不活性ガスで充填されており、前記温度調整装置は、前記少なくとも1つの光学素子に、前記不活性ガスと同一の温度調整された気体を吹き付ける噴射装置（138）を有することができる（請求項7に対応）。

【0027】本発明の第1の観点に係る露光装置において、光学素子の発熱を防止する観点からは、たとえば萤石などのように透過率の高い硝材を使用したり、露光用

照明光のエネルギーを低めても良い、あるいはフッ素ドープ石英などのように発熱に対して光学的に影響が少ない光学素子を用いることも好ましい。

【0028】請求項8

本発明の第2の観点に係る露光装置（請求項8に対応）は、露光用照明光を射出する光源（2）と、前記照明光をマスクに照射する照明光学系（110）と、前記マスクから出射される照明光を感光性基板（W）上に投射する投影光学系（PL）とを備えた露光装置において、前記照明光学系（110）と前記投影光学系（PL）とをそれぞれ第1気体が充填されるケーシング（160, 162）内に配置し、前記感光性基板（W）の露光中、前記投影光学系（PL）と前記感光性基板（W）との間に空間に第2気体を流す気体供給機構（150）を備えたことを特徴とする。

【0029】本発明の第2の観点に係る露光装置では、照明光学系（110）と投影光学系（PL）とをそれぞれ第1気体が充填されるケーシング（160, 162）内に配置し、感光性基板の露光中、投影光学系と感光性基板との間に空間に第2気体を流す気体供給機構（150）を備えているので、以下の作用を有する。

【0030】すなわち、この露光装置（100a）では、必要最小限の部分をケーシング（160, 162）で覆い、第1気体による特定の内部雰囲気としているため、そのケーシング内部では、露光用照明光の空気漏洩を防止でき、露光用照明光の通過によるオゾンの発生を大幅に低減することができると共に、光強度の低下を抑制できる。

【0031】また、可動部分である感光性基板（W）の保持部分では、感光性基板（W）の露光中、投影光学系（PL）と感光性基板（W）との間に空間に第2気体を流すことで、照明光の空気漏洩を極力低減することができ、空気による吸収の影響などで光の強度が低下することやオゾンの発生を極力抑制することができる。特に、真空紫外線、特に250nmよりも短い波長の光、たとえばKrFエキシマレーザ（波長248nm）、ArFエキシマレーザ（波長193nm）、F<sub>2</sub>レーザ（波長157nm）、またはYAGレーザなどの高調波などの短波長の光を露光用光として用いる場合でも、酸素による吸収などの影響で、光の強度が低下したり、有害なオゾンガスを発生させるなどの課題を有效地に解消することができる。

【0032】また、本発明の第2の観点に係る露光装置では、装置本体の全体を筐体で覆い密閉構造とする露光装置に比較し、必要最小限の部分をケーシング（160, 162）で覆うために、露光装置の全体が大きな構造とならないという利点を有する。また、感光性基板（W）を交換する毎に筐体内部の雰囲気を調整するなどの手間が不要であり、露光作業のスループットが向上する。

## 【0033】 請求項9

本発明の第2の観点に係る露光装置において、前記第1気体としては窒素以外の不活性ガスを用い、前記第2気体としては窒素ガスを用いることができる（請求項9に対応）。第1気体としては、ケーシング内部に封入することから、光の強度が低下せず、有害なオゾンガスを発生させない作用に優れたヘリウムガスなどの比較的高価な不活性ガスを用い、また、周囲環境にも放出される第2気体としては、空気にも含まれる比較的安価な窒素を用いることが経済的であり安全であるからである。

## 【0034】 請求項10

本発明の第2の観点に係る露光装置において、前記照明光は150～200nmに発振スペクトルを有し、前記第1気体はヘリウムであり、前記第2気体は窒素であることが好ましい（請求項10に対応）。

【0035】特に、照明光が150～250nmの発振スペクトルを有する場合に、酸素による吸収などの影響で、光の強度が低下したり、有害なオゾンガスを発生させるなどの課題を有するが、本発明の1態様では、第1気体としてヘリウムを用い、第2ガスとして窒素を用いることにより、これらの課題を有效地に解消することができる。

## 【0036】 請求項11

本発明の第2の観点に係る露光装置において、前記マスク（R）を保持するマスクステージ（18）が配置される前記照明光学系（110）と前記投影光学系（PL）との間に空間に前記第2気体を流すことが好ましい（請求項11に対応）。

【0037】マスク（R）を保持するマスクステージ（18）が配置される前記照明光学系（110）と前記投影光学系（PL）との間も、可動部分であることから、投影光学系（PL）と感光性基板（W）との間に空間に第2気体を流した場合と同じ理由で、第2気体を流すことで、照明光の空気暴露を極力低減することができ、オゾンの発生を抑制できると共に、光強度の低下を抑制することができる。

## 【0038】 請求項12

本発明の第2の観点に係る露光装置において、前記マスク（R）を保持するマスクステージ（18）を前記第1気体が充填される前記ケーシング（160, 162）内に配置することもできる（請求項12に対応）。

【0039】マスク（R）を保持するマスクステージ（18）が配置される前記照明光学系（110）と前記投影光学系（PL）との間も可動部分であるが、感光性基板（W）の保持部に比べて小さいので、マスクステージを前記第1気体が充填される前記ケーシング内に配置しても、それほど装置全体が大きくならない。

## 【0040】 請求項13

本発明の第1および第2の観点に係る露光装置において、前記マスク（R）のパターンを前記感光性基板上に 50

転写するために、前記投影光学系（PL）の倍率に応じた速度比で前記マスク（R）と前記感光性基板（W）とを同期移動する駆動装置（12, 13）をさらに備えてよい（請求項13に対応）。

【0041】このような駆動装置（12, 13）を備えた露光装置は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の露光装置である。この方式の露光装置は、レチクルなどのマスク上のパターンの一部を投影光学系を介して感光性基板上に縮小投影露光した状態で、マスク（R）と感光性基板（W）とを、投影光学系（PL）に対して同期移動させることにより、マスク（R）上のパターンの縮小像を逐次感光性基板の各ショット領域に転写する方式の露光装置である。この方式の露光装置は、いわゆるステップ・アンド・リピート方式の露光装置に比較して、投影光学系に対する負担を増大させることなく、転写対象パターンを大面積化することができるという利点がある。

【0042】いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の露光装置では、露光中に、感光性基板（W）およびマスク（R）が同期移動することから、可動部分が大きいが、本発明の第1の観点に係る露光装置では、装置本体の全体を覆うので、露光用照明光の空気暴露を防止でき、露光用照明光の通過によるオゾンの発生を大幅に低減することができる。また、可動部分である第1および第2保持部（18, 22）の部分でも、照明光の空気暴露を防止できることから、空気による吸収の影響などで光の強度が低下することも防止することができる。

【0043】本発明の第2の観点に係る露光装置では、比較的大きな可動部分を筐体で覆うことがないので、装置全体が大きくなることを防止することができる。それにもかかわらず、投影光学系と感光性基板との間に空間に第2気体を流すことで、露光用照明光の通過によるオゾンの発生を大幅に低減することができると共に、光の強度低下も防止することができる。

## 【0044】 請求項14

本発明の第1および第2の観点に係る露光装置において、前記照明光はF<sub>2</sub>レーザであっても良い（請求項14に対応）。特に、F<sub>2</sub>レーザの波長は、157nmと短波長であるため、通常の空気雰囲気では、酸素による吸収などの影響で、光の強度が低下したり、有害なオゾンガスを発生させるなどの課題を有するが、本発明の第1および第2の観点に係る露光装置では、これら課題を有效地に解消することができる。

## 【0045】

【発明の実施の形態】以下、本発明を、図面に示す実施形態に基づき説明する。

【0046】図1は本発明の1実施形態に係る露光装置の全体構成図、図2は図1に示す露光装置本体の概略図、図3は図2に示す投影光学系の概略断面図、図4（a）～（d）は投影光学系の照明領域と露光領域との

関係およびその露光領域の変形例を示す説明図、図5、6は本発明の他の実施形態に係る露光装置で用いるレンズの保持機構を示す概略断面図、図7は本発明のさらに他の実施形態に係る露光装置の要部構成図である。

#### 【0047】第1実施形態

図1および2に示すように、本発明の1実施形態に係る投影露光装置100は、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であり、マスクとしてのレチクルR上のバターンの一部を投影光学系PLを介して感光性基板としてのレジストが塗布されたウエハW上に縮小投影露光した状態で、レチクルRとウエハWとを、投影光学系PLに対して同期移動させることにより、レチクルR上のバターンの縮小像を逐次ウエハWの各ショット領域に転写するようになっている。

【0048】本実施形態では、図1に示すように、このようなステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置において、装置本体の光源2を除く、筐体本体の主要部分を、筐体102で覆い、筐体102の内部が、照明光の通過によるオゾン発生の割合を低下させる雰囲気となる密閉構造にしている。本実施形態において、筐内102は、たとえば電磁シールド材などで形成された気密チャンバーなどで構成してある。この筐体102には、ウエハWやレチクルRを交換するための扉なども設置される。また、光源2からの露光用照明光を照明光学系110へ導くための導光路114も形成してある。導光路114としては、特に限定されないが、透明ガラスなどが用いられる。なお、光源2が装置本体から離れて設置されているとき、例えば装置本体が設置されるクリーンルームの床下に光源2が配置されるときなどは、照明光学系110の光軸と光源2から射出される露光用照明系との位置関係を調整する、ミラーなどのビーム・マッチング・ユニットなどを含む送光系を筐体に収納してその内部を筐体102と同一の雰囲気とする。

【0049】図1に示すように、本実施形態では、筐体102の内部に収容される露光装置本体の主要部分は、光源2からの露光用照明光をレチクルRに照射するための照明光学系110と、レチクルRを保持する第1保持部材としてのレチクルステージ18(図2参照)と、投影光学系PLと、ウエハWを保持する第2保持部材としてのウエハステージ22(図2参照)の定盤23とである。

【0050】まず、照明光学系110について、図2に基づき説明する。図2に示すように、本実施形態の照明光学系110は、偏向ミラー3、第1照明系4、切り換えレボルバ5、切り換え装置6、ビームスプリッタ8、インテグレータセンサ9、第2照明系10、照明視野絞り系11および第3照明系14などを有する。本実施形態では、図1に示すように、光源2は、筐体102の外部に配置される。光源2としては、特に限定されないが、本実施形態では、KrFエキシマレーザ(波長2450

8nm)、ArFエキシマレーザ(波長193nm)、F2レーザ(波長157nm)などの250nmよりも短い波長のレーザ光源である。

【0051】照明光学系110の作用について説明すると、図2に示すように、露光制御装置1により発光状態が制御されたレーザ光源2から射出されたパルスレーザ光よりもなる照明光ILは、偏向ミラー3で偏向されて第1照明系4に達する。

【0052】第1照明系4には、ビームエキスパンダ、光量可変機構、照明光学系のコヒーレンスファクタ(いわゆるο値)を変更した場合に照明光の光量を切り換えるための照明切り換え機構、およびフライアイレンズ等が含まれている。そして、第1照明系4の射出面に照明光ILの面状に分布する2次光源が形成され、この2次光源の形成面に照明条件を種々に切り換えるための照明系開口絞り用の切り換えレボルバ5が配置されている。切り換えレボルバ5の側面には、通常の円形の開口絞り、光軸から偏心した複数の開口よりなる所謂変形照明用の開口絞り、輪帯状の開口絞り、および小さい円形開口よりなる小さいο値用の開口絞り等が形成され、切り換え装置6を介して切り換え用レボルバ5を回転することによって、所望の照明系開口絞り(ο絞り)をその第1照明系4の射出面に配置できるようになっている。また、そのように照明系開口絞りを切り換えた場合には、切り換え装置6によって同期して、最も光量が大きくなるように第1照明系4内の照明切り換え機構が切り換える。

【0053】切り換え装置6の動作は、露光制御装置1によって制御され、露光制御装置1の動作は、装置全体の動作を統轄制御する主制御装置7によって制御されている。

【0054】切り換え用レボルバ5で設定された照明系開口絞りを透過した照明光ILは、透過率が大きく反射率の小さいビームスプリッタ8に入射し、ビームスプリッタ8で反射された照明光は、フォトダイオード等の光電検出器よりなるインテグレータセンサ9で受光される。そのインテグレータセンサ9で照明光を光電変換して得られる検出信号が露光制御装置1に供給される。その検出信号とウエハ上での露光量との関係は予め計測して記憶されており、露光制御装置1では、その検出信号よりウエハ上での積算露光量をモニタする。また、その検出信号は、露光用の照明光ILを使用する各種センサ系の出力信号を規格化するのにも利用される。

【0055】ビームスプリッタ8を透過した照明光ILは、第2照明系10を介して照明視野絞り系(レチクルブラインド系)11を照明する。この照明視野絞り系11の配置面は、第1照明系4中のフライアイレンズの入射面と共に、フライアイレンズの各レンズエレメントの断面形状とはほぼ相似の照明領域でその照明視野絞り系11が照明される。照明視野絞り系11は、可動ブ

ラインドと固定ブラインドとに分かれており、固定ブラインドは固定された矩形の開口を有する視野絞りであり、可動ブラインドはレチクルの走査方向および非走査方向に可動な開閉自在の2対の可動ブレードである。固定ブラインドでレチクル上の照明領域の形状の決定が行われ、可動ブラインドで走査露光の開始時および終了時にその固定ブラインドの開口の覆いをそれぞれ徐々に聞く動作、および閉める動作が行われる。これによって、ウエハ上で本来の露光対象のショット領域以外の領域に照明光が照射されるのが防止される。

【0056】この照明視野絞り系11中の可動ブラインドの動作は、駆動装置12によって制御されており、ステージ制御装置13によって後述のようにレチクルとウエハとの同期走査を行う際に、ステージ制御装置13は、駆動装置12を介してその走査方向の可動ブラインドを同期して駆動する。照明視野絞り系11を通過した照明光ILは、第3照明系14を経てレチクルRのパターン面(下面)の矩形の照明領域15を均一な照度分布で照明する。照明視野絞り系11の固定ブラインドの配置面は、レチクルRのパターン面と共に、照明領域15の形状はその固定ブラインドの開口によって規定されている。

【0057】以下では、レチクルRのパターン面に平行な面内で図2の紙面に垂直にX軸を、図2の紙面に平行にY軸を取り、レチクルRのパターン面に垂直にZ軸を取って説明する。このとき、レチクルR上の照明領域15は、X方向に長い矩形領域であり、走査露光時には、照明領域15に対してレチクルRが+Y方向、または-Y方向に走査される。即ち、走査方向はY方向に設定されている。

【0058】レチクルR上の照明領域15内のパターンは、両側(またはウエハ側に片側)テレセントリックな投影光学系PLを介して投影倍率 $\mu$ ( $\mu$ は例えば1/4, 1/5等)で縮小されて、フォトレジストが塗布されたウエハW表面の露光領域16に結像投影される。

【0059】図1に示すレチクルRは、図2に示すように、レチクルステージ17上に保持され、レチクルステージ17はレチクル支持台18上のY方向に伸びたガイド上にエアベアリングを介して載置されている。レチクルステージ17はリニアモータによってレチクル支持台18上をY方向に一定速度で走査できると共に、X方向、Y方向、および回転方向(θ方向)にレチクルRの位置を調整できる調整機構を備えている。レチクルステージ17の端部に固定された移動鏡19m、および不図示のコラムに固定されたレーザ干渉計(Y軸以外は図示せず)19によって、レチクルステージ17(レチクルR)のX方向、Y方向の位置が常時0.001μm程度の分解能で計測されると共に、レチクルステージ17の回転角も計測され、計測値がステージ制御装置13に供給され、ステージ制御装置13は供給された計測値に応じて

レチクル支持台18上のリニアモータ等の動作を制御する。

【0060】一方、図1に示すウエハWは、図2に示すように、ウエハホルダ20を介して試料台21上に保持され、試料台21はウエハステージ22上に載置され、ウエハステージ22は、定盤23上のガイド上にエアベアリングを介して載置されている。そして、ウエハステージ22は、定盤23上でリニアモータによってY方向に一定速度での走査、およびステッピング移動ができると共に、X方向へのステッピング移動ができるようになっている。また、ウエハステージ22内には、試料台21をZ方向に所定範囲で移動するZステージ機構、および試料台21の傾斜角を調整するチルト機構(レベリング機構)が組み込まれている。

【0061】試料台21の側面部に固定された移動鏡24m、および不図示のコラムに固定されたレーザ干渉計(Y軸以外は図示せず)24によって、試料台21(ウエハW)のX方向、Y方向の位置が常時0.001μm程度の分解能で計測されると共に、試料台21の回転角も計測される。その計測値はステージ制御装置13に供給され、ステージ制御装置13は供給された計測値に応じてウエハステージ22の駆動用のリニアモータ等の動作を制御する。

【0062】走査露光時には、主制御装置7からステージ制御装置13に露光開始のコマンドが送出され、これに応じてステージ制御装置13では、レチクルステージ17を介してレチクルRをY方向に速度 $V_2$ で走査するのと同期して、ウエハステージ22を介してウエハWをY方向に速度 $V_W$ で走査する。レチクルRからウエハWへの投影倍率 $\mu$ を用いて、ウエハWの走査速度 $V_W$ は $\mu \cdot V_2$ に設定される。

【0063】また、図1に示す投影レンズ系PLは、実際には図2に示すように、定盤23上に植設されたコの字型のコラム25の上板中に保持されている。そして、投影光学系PLのX方向の側面部に、ウエハWの表面の複数の計測点に斜めにスリット像等を投影して、それら複数の計測点でのZ方向の位置(フォーカス位置)に対応する複数のフォーカス信号を出力する、斜入射方式の多点のオートフォーカスセンサ(以下、「AFセンサ」という)26が配備されている。多点のAFセンサ26からの複数のフォーカス信号は、フォーカス・チルト制御装置27に供給され、フォーカス・チルト制御装置27では、それら複数のフォーカス信号よりウエハWの表面のフォーカス位置および傾斜角を求める。求めた結果をステージ制御装置13に供給する。

【0064】ステージ制御装置13では、供給されたフォーカス位置および傾斜角が、それぞれ予め求められている投影光学系PLの結像面のフォーカス位置および傾斜角に合致するように、ウエハステージ22内のZステージ機構、およびチルト機構をサーボ方式で駆動する。

これによって、走査露光中においても、ウエハWの露光領域16内の表面はオートフォーカス方式、およびオートレベリング方式で投影光学系PLの結像面に合致するように制御される。

【0065】さらに、投影光学系PLの+Y方向の侧面にオフ・アクシス方式のアライメントセンサ28が固定されており、アライメント時にはアライメントセンサ28によってウエハWの各ショット領域に付設されたアライメント用のウエハマークの位置検出が行われ、検出信号がアライメント信号処理装置29に供給されている。アライメント信号処理装置29にはレーザ干渉計24の計測値も供給され、アライメント信号処理装置29では、その検出信号およびレーザ干渉計24の計測値より検出対象のウエハマークのステージ座標系(X, Y)での座標を算出して、主制御装置7に供給する。ステージ座標系(X, Y)とは、レーザ干渉計24によって計測される試料台21のX座標およびY座標に基づいて定められる座標系を言う。主制御装置7では、供給されたウエハマークの座標より、ウエハW上の各ショット領域のステージ座標系(X, Y)での配列座標を求めてステージ制御装置13に供給し、ステージ制御装置13では供給された配列座標に基づいて各ショット領域に走査露光を行う際のウエハステージ22の位置を制御する。

【0066】また、試料台21上には基準マーク部材FMが固定され、基準マーク部材FMの表面にはアライメントセンサの位置基準となる種々の基準マーク、およびウエハWの反射率の基準となる基準反射面等が形成されている。そして、投影光学系PLの上端部に、ウエハW側から投影光学系PLを介して反射される光束等を検出する反射光検出系30が取り付けられ、反射光検出系30の検出信号が自己計測装置31に供給されている。主制御装置7の管理のもとで後述のように、自己計測装置31ではウエハWの反射率(反射率)のモニタ、照度むらの計測、および空間像の計測等を行う。

【0067】次に、図3を参照して図1および図2に示す投影光学系PLの構成について詳細に説明する。

【0068】図3に示すように、投影光学系PLは構成的には、第1対物部41、光軸折り返し部43、光軸偏向部46、および第二対物部52の4つの部分より構成されている。そして、光軸折り返し部43内に凹面鏡45が配置されている。

【0069】照明光1しとして広帯化されたレーザ光を用いた場合には、同じ電磁電力でも光量を増やすことができスループットを高められると共に、可干渉性が低下して干渉による悪影響が軽減されるという利点がある。ただし、KTFエキシマレーザ光またはArFエキシマレーザ光のような紫外域の照明光を使用する場合、投影光学系PL内の屈折レンズとして使用できる硝材が石英や萤石等に限られてしまい、屈折光学系のみではその設計が困難である。そのため実施形態では、凹面鏡のよう

な色収差が発生しない反射光学系と屈折光学系とを併用することで広帯色消しを行うこととしている。なお、反射光学系は一般には1対1(等倍)の光学系であり、本実施形態のように1/4倍、または1/5倍のような縮小投影を行う場合には、以下のようにして、その構成には特殊な工夫が必要である。

【0070】すなわち、レチクルRの直下に第1対物部41が配置され、第1対物部41は鏡筒42内にレチクルR側から順にレンズ枠を介してレンズL1, L2, L3, L4を固定して構成されている。そして、鏡筒42の下に、光軸偏向部46の鏡筒47を介して、光軸折り返し部43の鏡筒44が配置され、鏡筒44内にレチクルR側から順にレンズ枠を介して、レンズL1, L12, ..., L20, L21、および凹面鏡45が固定されている。第1対物部41と光軸折り返し部43とは同軸であり、その光軸を光軸AX1とする。光軸AX1はレチクルRのパターン面に垂直である。

【0071】このとき、鏡筒42と鏡筒44との間の光軸偏向部46の鏡筒47内で、光軸AX1から+Y方向に偏心した位置に、光軸AX1に対して+Y方向にほぼ45°で傾斜した反射面を有する小型ミラー48が配置されている。また、鏡筒47内に小型ミラー48から+Y方向に順に、レンズL31, L32、補正光学系49、およびビームスプリッタ50が配置されている。光軸偏向部46の光軸AX2は光軸AX1に直交しており、ビームスプリッタ50の反射面は小型ミラー48の反射面に直交するように光軸AX2にほぼ45°で傾斜している。ビームスプリッタ50は、透過率が5%で反射率が95%程度の高反射率のビームスプリッタであり、ビームスプリッタ50を透過した光束の利用方法については後述する。そして、補正光学系49は、光軸AX2に沿った方向に微動できると共に、光軸AX2に垂直な平面に対する傾斜角が微調整できるレンズ群等より構成され、補正光学系49の位置および傾斜角は結像特性補正装置51によって制御されている。結像特性補正装置51の動作は図2の主制御装置7によって制御されている。この補正光学系49の配置されている位置はレチクルRのパターン面とほぼ共役な位置であり、主に倍率誤差等のディストーションを補正することができる。

【0072】また、光軸AX2をビームスプリッタ50で折り曲げた方向に、鏡筒47に接触するように第2対物部52の鏡筒53が配置され、ビームスプリッタ50側から順に鏡筒53内にレンズ枠を介して、レンズL41, L42, L43, ..., L52が配置され、レンズL52の底面はウエハWの表面に対向している。第2対物部52の光軸AX3は、第1対物部41および光軸折り返し部43の光軸AX1に平行であり、且つ光軸偏向部46の光軸AX2に直交している。

【0073】この場合、照明光1しによるレチクルR上の矩形の照明領域15は光軸AX1から+Y方向に偏心

した位置に設定され、照明領域15を通過した照明光（以下、「結像光束」と呼ぶ）は、第1対物部41内のレンズL1, L2, …, L4を経て、光軸偏向部46の鏡筒47の内部を通過して光軸折り返し部43に入射する。光軸折り返し部43に入射した結像光束は、レンズL11, L12, …, L20, L21を経て凹面鏡45に入射し、凹面鏡45で反射集光された結像光束は、再びレンズL21, L20, …, L12, L11を経て光軸偏向部46の鏡筒47内の小型ミラー48で+Y方向に偏向される。

【0074】その光軸偏向部46において、小型ミラー48で反射された結像光束は、レンズL31, L32および補正光学系49を介してビームスプリッタ50に入射する。この際に、鏡筒47の内部でビームスプリッタ50の近傍に、レチクルR上の照明領域15内のバターンのほぼ等倍の像（中間像）が形成される。そこで、第1対物部41および光軸折り返し部43よりなる合成系を「等倍光学系」と呼ぶ。ビームスプリッタ50で-Z方向に偏向された結像光束は、第2対物部52に向かい、第2対物部52において、その結像光束は、レンズL41, L42, …, L51, L50を介してウエハW上の露光領域16に、レチクルR上の照明領域15内のバターンの縮小像を形成する。そこで、第2対物部52を「縮小投影系」とも呼ぶ。

【0075】以上のように、レチクルR上の照明領域15をほぼ-Z方向に透過した結像光束は、本例の投影光学系PL内で第1対物部41、および光軸折り返し部43によってほぼ+Z方向に折り返される。その結像光束は、更に光軸偏向部46によって順次ほぼ+Y方向、および-Z方向に折り返される過程でその照明領域15内のバターンのほぼ等倍の中間像を形成した後、第2対物部52を介してウエハW上の露光領域16にその照明領域15の縮小像を形成する。この構成によって、本例の投影光学系PLでは、全部のレンズL2～L4, L11～L21, L31, L32, L41～L52を軸対称にできると共に、それらのレンズの内のほぼ全部を石英より形成し、その内の3～4枚のレンズのみを虫石より形成するだけで、広帯化された照明光ILの帯域幅である100pm程度の範囲内で色消しを高精度に行うことができる。

【0076】本実施形態の投影光学系PLは、光学的には、以上のように第1対物部41および光軸折り返し部43よりなる等倍光学系と、光軸偏向部46と、第2対物部52よりなる縮小投影系との3つに分けられるが、機械的構造としては、小型ミラー48が第1対物部41のレンズL4と光軸折り返し部43のレンズL11との間にしている。そのため、仮にレンズL4、小型ミラー48およびレンズL11を同一の鏡筒に組み込むと、光軸偏向部46内の小型ミラー48とビームスプリッタ50とを調整上別々の鏡筒に組み込む必要がある。しか

しながら、小型ミラー48とビームスプリッタ50とを異なる鏡筒に組み込むと、それら2つの部材の反射面の直交度が変動する恐れがある。それら2つの反射面の直交度が変動すると、結像性能の劣化を招くため、本実施形態では、等倍結像系を、光軸偏向部46の鏡筒47を介して第1対物部41と光軸折り返し部43とに分割して、小型ミラー48およびビームスプリッタ50をその鏡筒47内に固定している。

【0077】また、投影光学系PLを組み立てる際には、予め第1対物部41、光軸折り返し部43、光軸偏向部46、および第2対物部52を別々に組立調整する。その後、コラム25の上板の貫通孔に光軸折り返し部43の鏡筒44、および第2対物部52の鏡筒53の下部を挿通し、鏡筒44のフランジ44aおよび鏡筒53のフランジ53aとコラム25の上板との間に座金を挟み、フランジ44aおよび53aをその上板にねじで仮止めする。次いで、それら鏡筒44および53の上端に光軸偏向部46の鏡筒47を載せて、鏡筒47のフランジ47aおよび鏡筒53の上端のフランジ53bとの間に座金を挟み、フランジ47aをフランジ53b上にねじで仮止めする。

【0078】そして、鏡筒44内のレンズL11の上方から調整用のレーザビームを鏡筒44の内部に照射して、そのレーザビームが鏡筒53の最下端のレンズL52から射出されて通過する位置（ウエハWの表面に相当する面上での位置）をモニタし、このモニタされた位置が目標位置になるように、フランジ44a, 53a, 47aの底部の座金の厚さの調整や、鏡筒42, 53, 47の横移動等を行なう。そして、そのレーザビームの位置が目標位置に達した状態で、フランジ44a, 53a, 47aをねじ止めすることによって、光軸折り返し部43、第2対物部52、および光軸偏向部46を固定する。最後に、鏡筒47の-Y方向の端部上方に第1対物部41の鏡筒42を移動し、鏡筒42の不図示のフランジと鏡筒47の対応する不図示のフランジとの間に座金を挟んで、鏡筒47上に鏡筒42を載置する。そして、再び例えば鏡筒42のレンズL1の上方から調整用のレーザビームを照射して、光軸調整を行った後、鏡筒47上に鏡筒42をねじ止めすることによって、投影光学系PLの投影露光装置への組み込みが終了する。

【0079】さらに、本実施形態では、振動に対する結像特性の安定性や投影光学系PLのバランスを考慮して、投影光学系PL内で結像光束の光路外に投影光学系PLの全体の重心54の位置を設定している。すなわち、図3において、投影光学系PLの重心54は、光軸折り返し部43と第2対物部52との中間付近で、且つ鏡筒44のフランジ44aおよび鏡筒53のフランジ53aより僅かに低い位置（コラム25の上板の内部）に設定されている。このように、投影光学系PLの重心54をさらにフランジ44a, 53aの近傍に設定するこ

とによって、投影光学系PLはより振動に強く、且つ高剛性の構造となっている。

【0080】また、上述のように本実施形態の投影光学系PLの光軸偏振部46の内部で、且つビームスプリッタ50の近傍にレチクルRのパターン面と共役な中間像面が存在し、この中間像面の近傍に補正光学系49が配置されている。この補正光学系49としての例えはレンズ群を光軸AX2方向に微動するか、またはそのレンズ群の光軸AX2に垂直な面に対する傾斜角を調整することによって、ウエハW上に投影されるレチクルRの縮小像の投影倍率、およびディストーション等の結像特性を補正できる。これに対して、従来はそのような結像特性補正機構はレチクルRのほぼ直下に設けられていた。本例によれば、レチクルRの直下には結像特性補正機構が無く、機構上の制約が無いため、図2のレチクル支持台18の剛性を設計上高くできる利点がある。また、補正光学系49と同様な微動可能な光学系を光路折り返し部43または第2対物部52に設けてやれば、投影像の収差（非点収差やコマ収差等）の補正および像面弯曲の補正も可能となる。また、これらの組合せで高次の倍率誤差の補正も可能である。

【0081】次に、図4を参照して、図3のレチクルR上の照明領域15とウエハW上の露光領域16との位置関係につき説明する。

【0082】図4(a)は、図3のレチクルR上の照明領域15を示し、この図4(a)において、図3の投影光学系PLの第1対物部41の円形の有効照明視野41a内で、光軸AX1に対して僅かに-Y方向に外れた位置に、X方向に長い矩形の照明領域15が設定されている。照明領域15の短辺方向(Y方向)がレチクルRの走査方向となっている。図3において、第1対物部41および光路折り返し部43よりなる等倍光学系では、レチクルR上の照明領域15を通過した結像光束は、凹面鏡45によって折り返されて小型ミラー48まで導かれるため、照明領域15は光軸AX1に対して偏心させておく必要がある。

【0083】一方、図4(b)は図3のウエハW上の露光領域16(照明領域15と共に領域)を示し、この図4(b)において、図3の投影光学系PLの第2対物部52の円形の有効露光フィールド52a内で、光軸AX3に対して僅かに+Y方向に外れた位置に、X方向に長い矩形の露光領域16が設定されている。

【0084】これに対して、図4(c)は、図4(a)と同じく円形の有効照明視野41a内で、光軸AX1に対して僅かに-Y方向に外れた位置に設定された矩形の照明領域15を示している。また、図4(d)は、図3の第2対物部52を変形させた第2対物部の有効露光フィールド52a Aを示し、この有効露光フィールド52a Aの光軸AX3 Aを中心として、X方向に長い矩形の

露光領域16 A(図4(c)の照明領域15と共に領域)が設定されている。すなわち、図4(d)に示すように、投影光学系PLの最終段である第2対物部52(縮小投影系)の構成を変更することによって、ウエハW上の露光領域16 Aは有効露光フィールド52a Aの光軸を中心とする領域に設定できる。図4(b)と図4(d)とは、投影光学系PLの収差を除去するための設計の行き易さによって選択されるが、図4(d)は設計が容易であり、図4(d)は第2対物部(縮小投影系)のレンズ径を僅かに小さくできるという利点がある。

【0085】本実施形態では、図1に示すように、以上に示したように構成された照明光学系110と、レチクルステージ18(図2参照)と、投影光学系PLと、ウエハWを保持するウエハステージ22(図2参照)の定盤23とが、筐体102の内部に収容され、内部が密閉構造となっている。

【0086】この筐体102の内部には、筐体102内の酸素濃度を検出する酸素濃度センサ118が接着しており、筐体102の内部の酸素濃度を検出可能になっている。センサ118で検出された筐体102の内部の酸素濃度信号は、主制御装置7へ入力するようになっている。

【0087】本実施形態では、筐体102には、筐体102の内部が、照明光の通過によるオゾン発生の割合を低下させる窒囲気となるように、不活性ガスとしてのヘリウム、あるいは窒素ガスなどを供給する不活性ガス供給ライン121が接続してある。この供給ライン121には、不活性ガスを供給する気体供給装置としての空素ガスタンク120が接続してある。また、供給ライン121の途中には、電磁弁などで構成してある制御弁122が接着しており、タンク120から筐体102の内部に供給される窒素ガスなどの不活性ガスの供給量の制御が可能になっている。制御弁122の制御は、センサ118に基づき、筐体102の内部の窒素ガスの濃度が一定以上に増大しないように、主制御装置7からの制御信号により行われる。

【0088】本実施形態に係る露光装置100では、照明光学系110と、投影光学系PLと、レチクルRのレチクルステージ18(図2参照)と、ウエハWのウエハステージ22(図2参照)の定盤23とを含む露光本体を筐体102で覆い、筐体102の内部が、照明光の通過によるオゾン発生の割合を低下させる窒素ガスなどの不活性ガス窒囲気となる密閉構造であるため、以下の作用を有する。

【0089】すなわち、この露光装置100では、光路部分のみを密閉構造とする従来の露光装置に比較し、装置本体の全体が、筐体102で覆われ、不活性ガス窒囲気としているため、可動部分であるレチクルステージ18およびウエハステージ22の部分でも、露光用照明光の空気暴露を防止でき、露光用照明光の通過によるオゾ

ンの発生を大幅に低減することができる。

【0090】また、可動部分であるレチクルステージ18およびツエハステージ22の部分でも、照明光の空気暴感を防止できることから、空気による吸収の影響などで光の強度が低下することも防止することができる。特に、真空紫外線、特に260nmよりも短い波長の光、たとえばKrFエキシマレーザ（波長248nm）、ArFエキシマレーザ（波長193nm）、F<sub>2</sub>レーザ（波長157nm）、またはYAGレーザなどの高調波などの短波長の光を露光用光として用いる場合でも、酸素による吸収などの影響で、光の強度が低下したり、有害なオゾンガスを発生させるなどの課題を有効に解消することができる。

【0091】また、本実施形態の露光装置100では、投影光学系PLや照明光学系110毎に密閉する構成ではないために、これら投影光学系PLや照明光学系110の設計に際し、機密を考慮した設計製作の必要がなくなり、これらの製作が容易になる。

【0092】さらに、本実施形態の露光装置100では、特開平6-260385号公報に示す技術と異なり、窒素ガスなどの空気以外のガスをウエハWの近傍に吹き付ける構成ではないと共に、これらのガスが漏洩することができないので、作業環境における露光装置100の低下を有効に防止することができる。また、本実施形態の露光装置100では、筐体102内の酸素濃度を検出するセンサ118が接着しており、このセンサ118の出力に応じて筐体102の内部に不活性ガスタンク120から空素ガスなどの不活性ガスを供給することができる。したがって、この露光装置100では、何らかの原因で筐体102内部の酸素濃度が所定値以上に高まった場合には、該センサ118の出力に応じて前記筐体内部に不活性ガスを供給することで、酸素による吸収などの影響で、光の強度が低下したり、有害なオゾンガスを発生させるなどの課題を有効に解消することができる。なお、タンク120から供給する不活性ガスとしては、窒素ガスに限らず、ヘリウムガスなどでも良い。特に150～200nmの波長域に発振スペクトルを有する露光用照明光を用いる場合には、大気圧変化などに対してその特性が窒素などに比べて変動し難いヘリウムを用いることが好ましい。

#### 【0093】第2実施形態

本実施形態では、図1に示す不活性ガスタンク120を用いない代わりに、筐体102に真空引きライン123を接続し、真空装置としての真空ポンプ125により、筐体102の内部を $1 \times 10^{-4}$ Torr以下の真空状態にすることが可能にしてある。真空引きライン123の途中には、電磁弁などで構成してある制御弁124が接着しており、真空ライン123の開閉を制御可能になっている。制御弁124および真空ポンプ125は、主制御装置7により制御され、少なくとも露光中には、筐体50

102の内部を $1 \times 10^{-4}$ Torr以下の真空状態にすることが可能になっている。

【0094】本実施形態に係る露光装置100では、筐体102の内部を $1 \times 10^{-4}$ Torr以下の真空状態にすることで、酸素による吸収などの影響で、露光用照明光の強度が低下したり、有害なオゾンガスを発生させるなどの課題を有効に解消することができる。

【0095】なお、本実施形態では、筐体102の内部を真空状態にするが、レンズなどの光学素子における露光用照明光が照射される部分の光吸収による発熱は、従来のように空気などの環境気体によって伝達されないので、光学素子を冷却するための温度調整装置が必要となる。そこで、本実施形態では、図1に示す照明光学系110および／または投影光学系PLの少なくとも一部の光学素子を冷却する。冷却のための温度調節装置の一例を図5に示す。

【0096】図5に示す例では、光学素子としてのレンズLを保持するレンズ保持機構132の一部に、レンズ冷却液134を循環させるための冷却通路136が形成してあり、この冷却通路136にレンズ冷却液134を流することで、レンズLの冷却が可能になっている。レンズ冷却液134としては、特に限定されないが、温度調節された純水などが用いられる。

【0097】また、図6に示す例では、光学素子としてのレンズLを保持するレンズ保持機構132の一部に、レンズLの表面に向けて、希薄気体140（たとえば窒素ガスなどの不活性ガス）を吹き付ける噴射ノズル138が接着してある。希薄気体140をレンズLの表面に吹き付けることで、レンズLの冷却が可能である。ただし、噴射ノズル138からの吹き付けは、非露光時にを行うことが好ましく、露光時には、筐体102の内部が $1 \times 10^{-4}$ Torr以下の真空状態にするように、真空度を調整する必要がある。

【0098】本実施形態では、図5に示す冷却液通路136および／または図6に示す噴射ノズル138などで構成してある温度調整装置を用いて、光学素子としてのレンズLを冷却することで、照明光の照射によるレンズLの温度上昇による光学条件の変化を抑制することができる。

【0099】本実施形態の露光装置100では、その他の構成は、前記第1実施形態の露光装置100と同じであり、同様な作用を有する。

【0100】なお、本実施形態のように筐体102内部を真空状態にしなくても、光学素子を一定温度に保持することは重要であり、温度調整装置を用いて、レンズなどの光学素子を冷却することで、レンズなどの光学素子の熱による光学条件の変化を抑制することができる。

【0101】たとえば前述した第1実施形態に係る露光装置100においては、筐体102内部は不活性ガスで充填されており、このような場合には、図6に示す噴射

ノズル138からは、光学レンズLに、雰囲気の不活性ガスと同一の温度調整された気体を吹き付けることが好ましい。この噴射ノズル137からの吹き付けによりレンズLの冷却が可能になる。

#### 【0102】第3実施形態

図7に示すように、本実施形態に係る投影露光装置100aでは、照明光学系110と投影光学系PLとを、それそれケーシング160および162内に配置してある。各ケーシング160および162は、図1に示す筐体102と同様に、密閉構造である。

【0103】各ケーシング160および162には、第1気体供給ライン153および163がそれぞれ接続してある。各供給ライン153および163には、第1気体タンク120aが接続してあり、制御弁154、164の開閉により、第1気体タンク120aから各ケーシング160および162の内部に第1気体が供給されるようになっている。制御弁154、164の開閉制御は、図1に示す主制御装置7により行われる。

【0104】また、本実施形態では、ウエハWを保持するウエハステージ22aには、気体供給機構として複数の第2気体噴射ノズル150が装着してある。第2気体噴射ノズル150は、第2気体供給ライン151に接続してあり、この供給ライン151は、制御弁152を介して第2気体タンク120bに接続してある。制御弁152の開閉制御は、図1に示す主制御装置7により行われる。第2気体噴射ノズル150は、制御弁152を倒御することで、ウエハWに対する露光中に、投影光学系PLとウエハWとの間に、第2気体タンク120bから第2気体を吹き出すようになっている。

【0105】第2気体タンク120bには、第2気体供給ライン155も接続してあり、図7では省略してあるレチクルステージに装着された第2気体噴射ノズル157から、照明光学系110と投影光学系PLとの間に第2気体を吹き出すようになっている。第2気体噴射ノズル157からの第2気体の吹き出しの制御は、供給ライン155に装着された制御弁156により行われる。制御弁156は、図1に示す主制御装置7により制御される。

【0106】ノズル150および157からの第2気体の吹き出し量は、特に限定されないが、吹き出された空間に存在する空気を十分に第2気体に衝撃することができる程度の量である。露光中において、第2気体が吹き出された空間にも露光用照明光が通過するので、その部分でのオゾンの発生や光の強度低下を防止するためである。

【0107】本実施形態では、供給ライン153および163を通して、各ケーシング160および162の内部に供給される第1気体は、ヘリウムガスであり、供給ライン151および155を通して、ノズル150および157から吹き出される第2気体は、窒素ガスであ

る。第1気体としては、ケーシング160、162内に封入することから、光の強度が低下せず、有害なオゾンガスを発生させない作用に優れたヘリウムガスなどの比較的高価な不活性ガスを用い、周囲環境にも放出される第2気体としては、空気にも含まれる比較的安価な元素を用いることが経済的でもあり安全でもあるからである。特に、ヘリウムの使用が前提となる、150～200nmの波長域に発振スペクトルを有する露光用照明光を使用する露光装置では、ヘリウムでバージされる筐体が光源2と照明光学系110との間に配置される送光系、照明光学系110、及び投影光学系PLとなり、ランニングコストなどの増大を最小限に抑えることができる。

【0108】本実施形態に係る露光装置100aでは、照明光学系110と投影光学系PLとをそれぞれ第1気体が充填されるケーシング162、160内に配置し、ウエハWの露光中、投影光学系PLとウエハWとの間に空間と、照明光学系110と投影光学系PLとの間に空間に第2気体を流す。このため、本実施形態では、必要最小限の部分をケーシング160、162で覆い、第1気体による特定の内部雰囲気としているため、そのケーシング160、162の内部では、露光用照明光の空気暴露を防止でき、露光用照明光の通過によるオゾンの発生を大幅に低減することができる。

【0109】また、可動部分であるウエハステージ22aおよびレチクルステージ（図7では図示省略）においても、ウエハWの露光中、これらの部分に、第2気体を流すことで、照明光の空気暴露を極力低減することができ、オゾンの発生を抑制できると共に、光強度が低下することも防止することができる。特に、真空紫外線、特に250nmよりも短い波長の光、たとえばKrFエキシマレーザ（波長248nm）、ArFエキシマレーザ（波長193nm）、F2レーザ（波長157nm）、またはYAGレーザなどの高調波などの短波長の光を露光用光として用いる場合でも、酸素による吸収などの影響で、光の強度が低下したり、有害なオゾンガスを発生させるなどの課題を有効に解消することができる。

【0110】また、本実施形態に係る露光装置100aでは、筐体本体の全体を筐体で覆い密閉構造とする露光装置に比較し、必要最小限の部分をケーシング160、162で覆うために、露光装置の全体が大きな構造とならないという利点を有する。また、ウエハWやレチクルRを交換する毎に筐体内部の雰囲気を調整するなどの手間が不要であり、露光作業のスループットが向上する。

【0111】なお、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々に改変することができる。

【0112】たとえば、図7に示す実施形態では、照明光学系110と投影光学系PLとを別々のケーシング160、162で覆い、これらの間にノズル157を配置

したが、本発明では、ノズル 157 を設けることなく、ケーシング 160 とケーシング 162 とを接続してもよい。その場合には、レチクル R を保持するレチクルステージ（図 7 では図示省略）が配置される照明光学系 110 と投影光学系 PL との間もケーシング内に収容されることになる。レチクルステージも可動部分ではあるが、ウエハステージの定盤 23（図 1 および 2 参照）に比較すれば小さいので、レチクルステージを第 1 気体が充填されるケーシング内に配置しても、それほど装置全体が大きくならない。

【0113】また、上述した実施形態では、露光装置として、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の露光装置を一例として説明したが、本発明は、この方式の露光装置に限定されず、いわゆるステップ・アンド・リピート方式の露光装置およびその他の方式の露光装置にも適用することができる。

【0114】さらに、上述した実施形態では、露光の対象となる感光性基板として、レジストが形成されたウエハを一例として例示したが、その他の基板であっても良い。

【0115】

【発明の効果】以上説明してきたように、本発明によれば、特に短波長の光を用いて露光を行う露光装置において、露光用光の強度低下およびオゾンの発生を有効に抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 図 1 は本発明の 1 実施形態に係る露光装置の全体構成図である。

【図 2】 図 2 は図 1 に示す露光装置本体の概略図である。

【図 3】 図 3 は図 2 に示す投影光学系の概略断面図である。

【図 4】 図 4 (a) ~ (d) は投影光学系の照明显域

と露光領域との関係およびその露光領域の変形例を示す説明図である。

【図 5】 図 5 は本発明の他の実施形態に係る露光装置で用いるレンズの保持機構を示す概略断面図である。

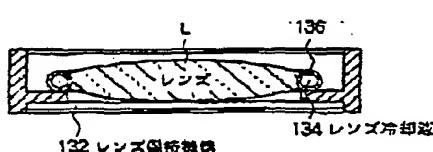
【図 6】 図 6 は本発明の他の実施形態に係る露光装置で用いるレンズの保持機構を示す概略断面図である。

【図 7】 図 7 は本発明のさらにその他の実施形態に係る露光装置の要部構成図である。

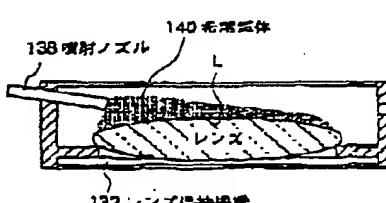
【符号の説明】

10	R … レチクル（マスク）
	W … ウエハ（感光性基板）
	PL … 投影レンズ系
	2 … 光源
	18 … レチクルステージ（第 1 保持部材）
	22 … ウエハステージ（第 2 保持部材）
	23 … 定盤
	100, 100a … 露光装置
	102 … 壁体
	110 … 照明光学系
20	120 … 不活性ガスタンク
	120a … 第 1 気体タンク
	120b … 第 2 気体タンク
	121 … 不活性ガス供給ライン
	123 … 真空引きライン
	125 … 真空ポンプ
	134 … レンズ冷却液
	136 … 冷却通路
	138 … 噴射ノズル
	150, 157 … 第 2 気体噴射ノズル
30	151, 155 … 第 2 気体供給ライン
	153, 163 … 第 1 気体供給ライン
	160, 162 … ケーシング

【図 5】



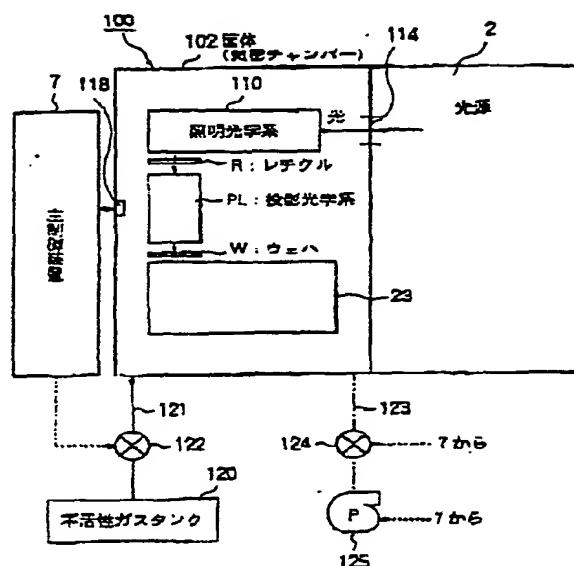
【図 6】



(14)

特開平11-196659

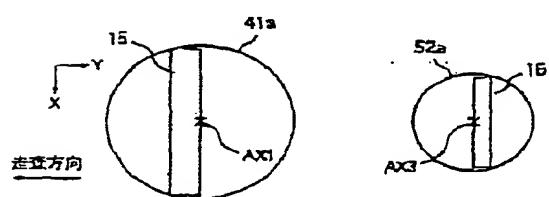
【図1】



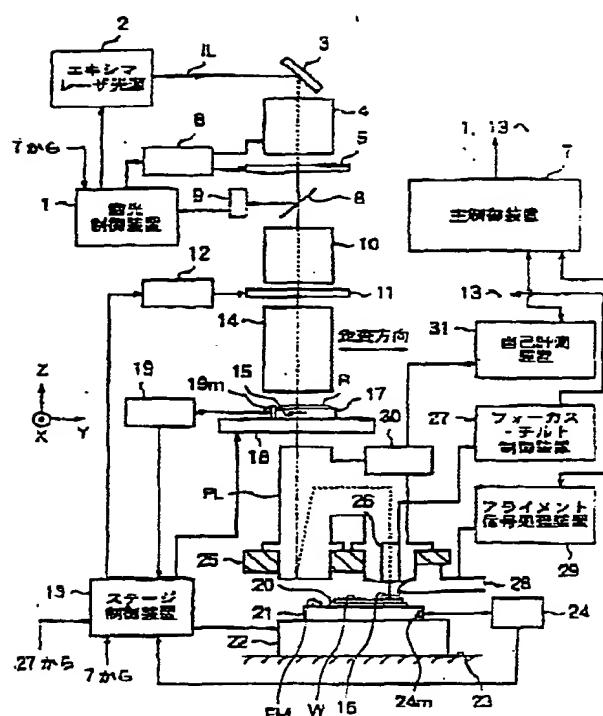
【図4】

(a)

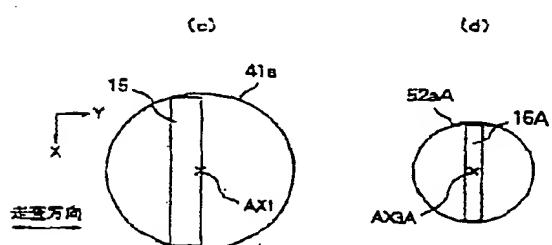
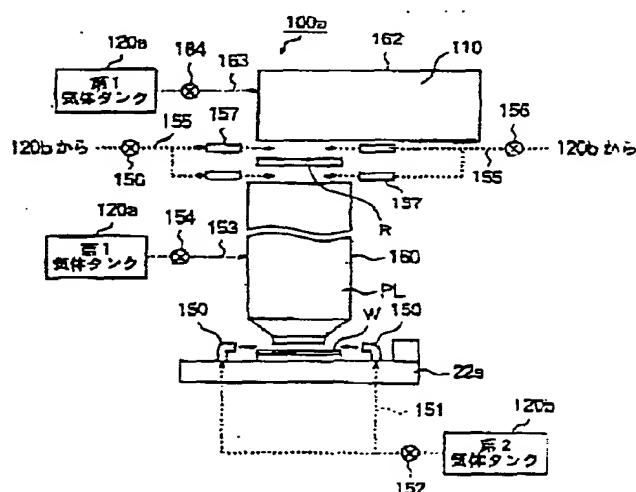
(b)



【図2】



【図7】



(15)

特開平11-195583

【図3】

